

## Beschreibung

## Turbine und Leitschaufel für eine Turbine

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Leitschaufel für eine Turbine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Turbine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 9.

Gekühlte Leitschaufeln für Turbinen sind allgemein bekannt.

10 Die Leitschaufeln weisen einen hohlen Profilkörper auf, an dessen Ende sich jeweils eine dazu querverlaufende Plattform erstreckt. Ein als Prallkühlblech dienender Einsatz ist im Hohlraum des Profilkörpers zur Innenseite der Außenwand beabstandet angeordnet und weist eine Vielzahl von Prallkühlöffnungen auf. Das Kühlmedium strömt durch die Prallkühlöffnungen hindurch, prallt an die Innenseite der Außenwand und kühlt diese dabei.

Als Kühlmedium wird üblicherweise Verdichterluft eingesetzt.

20 Obwohl die Verdichterluft bereits vor Eintritt in den Verdichter mittels eines Luftfilters gereinigt wird, weist sie weiterhin Feinpartikel in der Größenordnung  $< 10 \mu\text{m}$  auf. Diese Feinpartikel, die aus Staub, Teilchen und klebrigen Verbindungen wie z.B. Schwefelverbindungen bestehen können, 25 setzen sich häufig im Inneren des Prallkühlbleches ab. Weiter können sich Agglomerate und Korrosionsprodukte aus diesen Partikeln an den Prallkühlöffnungen des Einsatzes ablagern, dabei verringert sich der Querschnitt der Prallkühlöffnung. Hierdurch entstehen Strömungsverluste, so dass sich eine er- 30 heblich verminderte Kühlwirkung einstellt. Dies kann in der Außenwand zu thermischen Belastungen führen, was zu einer Rissbildung und bei beschichteten Leitschaufeln zum Abplatzen der Beschichtung führen kann.

35 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Leitschaufel anzugeben, bei der mechanische Schäden beim Turbinenbetrieb vermieden werden.

Die Aufgabe wird bezogen auf die Leitschaufel durch die Merkmale des Anspruchs 1 und bezogen auf die Turbine durch die Merkmale des Anspruchs 9 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gegeben.

Die Lösung geht von der Erkenntnis aus, dass die im Kühlmedium befindlichen Partikel sich an der inneren Oberfläche des Einsatzes bevorzugt ablagern, wo die Bereiche mit stark abnehmender Strömungsgeschwindigkeit und die Orte mit kleineren Strömungsgeschwindigkeiten des Kühlmediums sind. Die dazu korrespondierenden Bereiche der Leitschaufelaußenwand sind dadurch wesentlich geringer gekühlte Zonen, welche dann die mechanischen Schäden aufweisen. Durch die Verlängerung des Einsatzes in Strömungsrichtung des Kühlmediums, d.h. der Boden des Einsatzes wird in den Plattformdurchbruch hineinverlegt, werden diese Bereiche mit kleineren Strömungsgeschwindigkeiten in die Ausnehmung hinein verlagert. Hiermit wird die Bildung einer Partikelfalle im Bodenbereich des Einsatzes mit vorbestimmten Strömungsgeschwindigkeiten im Kühlmedium erzielt. Zusätzlich sind durch diese konstruktive Änderung der Geometrie des Einsatzes die Zonen mit den geringeren Strömungsgeschwindigkeiten aus dem intensiv zu kühlenden Profilkörperbereich in einen örtlich schwächer gekühlten Bereich, nämlich den des Plattformdurchbruches, verlagert. Der dem Heißgas ausgesetzte Profilkörper wird so über seine gesamte Länge ausreichend gekühlt.

In einer Weiterbildung weist der Boden des Einsatzes zur Herstellung eines vorgegebenen Druckgradienten im Bodenbereich zumindest eine Austrittsöffnung für das Kühlmedium auf. Dadurch erfolgt im Bodenbereich des Einsatzes eine gezielte Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeit auf ein geringeres Niveau, so dass sich dort bevorzugt Partikel ablagern.

35

Wenn der Einsatz im Bodenbereich zur Ausnehmung hin beabstandet ist, so sind die erforderlichen Abströmquerschnitte für

das Kühlmedium vorhanden.

Die Ausnehmung ist besonders einfach bei der Gussherstellung der Leitschaufel herstellbar, wenn die Ausnehmung als Plattformdurchbruch ausgebildet ist. Der Plattformdurchbruch wird dann von außen mittels eines Abschlussdeckels wieder verschlossen.

Zur Herstellung einer betriebssicheren Befestigung des Abschlussdeckels an der Plattform werden diese miteinander gasdicht verschweißt.

Wenn die Austrittsöffnung einen größeren Bohrungsdurchmesser aufweist als eine Prallkühlöffnung, kann sichergestellt werden, dass der geringere Druckgradient im Bereich der Austrittsöffnung liegt.

Zweckmäßigerweise weist die Austrittsöffnung einen Bohrungsdurchmesser im Bereich zwischen 1mm und 3mm auf.

Vorzugsweise wird die Leitschaufel in einer Turbine eingesetzt.

Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine Gasturbine in einem Längsteilschnitt und

Fig. 2 einen Querschnitt durch eine Turbinenleitschaufel.

Die Fig. 1 zeigt eine Gasturbine 1 in einem Längsteilschnitt. Sie weist im Inneren einen um eine Rotationsachse 2 drehgelaerten Rotor 3 auf, der auch als Turbinenläufer bezeichnet wird. Entlang des Rotors 3 folgen aufeinander ein Ansauggehäuse 4, ein Verdichter 5, eine torusartige Ringbrennkammer 6 mit mehreren koaxial angeordneten Brennern 7, eine Turbine 8

und das Abgasgehäuse 9. Die Ringbrennkammer 6 bildet dabei einen Verbrennungsraum 17, der mit einem ringförmigen Heißgaskanal 18 kommuniziert. Dort bilden vier hintereinander geschaltete Turbinenstufen 10 die Turbine 8. Jede Turbinenstufe 10 ist aus zwei Schaufelringen gebildet. In Strömungsrichtung eines Arbeitsmediums 11 gesehen, folgt im Heißgaskanal 18 einer Leitschaufelreihe 13 eine aus Laufschaufeln 15 gebildete Reihe 14. Die Leitschaufeln 12 sind dabei am Stator 13 befestigt, wohingegen die Laufschaufeln 15 einer Reihe 14 mittels einer Turbinenscheibe 19 am Rotor 3 angebracht sind. An dem Rotor 3 angekoppelt ist ein Generator oder eine Arbeitsmaschine (nicht dargestellt).

Während des Betriebes der Gasturbine 1 wird vom Verdichter 5 durch das Ansauggehäuse 4 Luft 16 angesaugt und verdichtet. Die am turbinenseitigen Ende des Verdichters 5 bereitgestellte verdichtete Luft wird zu den Brennern 7 geführt und dort mit einem Brennmittel vermischt. Das Gemisch wird dann unter Bildung des Arbeitsmediums 11 im Verbrennungsraum 17 verbrannt. Von dort aus strömt das Arbeitsmedium 11 entlang des Heißgaskanals 18 vorbei an den Leitschaufeln 12 und den Laufschaufeln 15. An den Laufschaufeln 15 entspannt sich das Arbeitsmedium 11 impulsübertragend, so dass die Laufschaufeln 15 den Rotor 3 antreiben und dieser die an ihn angekoppelte Arbeitsmaschine.

Die dem heißen Arbeitsmedium 11 ausgesetzten Bauteile unterliegen während des Betriebes der Gasturbine 1 enormen thermischen Belastungen. Die Leitschaufeln 12 und Laufschaufeln 15 der in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums 11 gesehen ersten Turbinenstufe 10 werden neben den die Ringbrennkammer 6 auskleidenden Hitzeschildesteinen am meisten thermisch belastet. Um den dort herrschenden Temperaturen Stand zu halten, werden diese mittels eines Kühlmediums K gekühlt.

35

Fig.1 zeigt einen Schnitt durch die teilweise dargestellte Leitschaufel 12 der Turbine 8. Die Leitschaufel 12 weist

einen Profilkörper 22 auf, an dessen kopfseitigen Ende eine Plattform 23 angeordnet ist. Das fußseitige Ende der Leitschaufel 23 mit der daran angeformten zweiten Plattform ist nicht gezeigt. Zwischen den beiden Plattformen ist der Profilkörperebereich 37 angeordnet. Der Profilkörper 22 erstreckt sich in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums 11 gesehen von einer runden Anströmkante 25 hin zu einer spitzen Abströmkante 26. Im Bereich der Abströmkante 26 weist die Leitschaufel 12 einen vom fußseitigen Ende zum kopfseitigem Ende verlaufenden Schlitz 41 auf, in dem runde Turbulatoren 27 angeordnet sind.

Zwischen der Anströmkante 25 und der Abströmkante 26 ist im Inneren des Profilkörpers 22 ein Hohlraum 21 vorgesehen, der von der Außenwand 40 des Profilkörpers 22 umschlossen wird. Dabei erstreckt sich in Längserstreckungsrichtung des Profilkörpers 22 der Hohlraum 21 durch die kopfseitige Plattform 23 hindurch, so dass die Plattform 23 eine Ausnehmung 24 aufweist, die als nierenförmiger Plattformdurchbruch 39 ausgebildet ist. Der Hohlraum 21 ist am Plattformdurchbruch 39 mittels eines Abschlussdeckels 32 gasdicht verschlossen. Dazu sind der Rand des Plattformdurchbruches 39 und der Abschlussdeckel 32 miteinander verschweißt.

Ein im Hohlraum 21 befindlicher Einsatz 20 dient als Prallkühlblech. Er ist demgemäß zur Innenseite 28 der Außenwand 40 beabstandet. Weiterhin weist der Einsatz 20 an seiner der Anströmkante 25 zugewandten Seite Prallkühlöffnungen 29 auf. Diese sind als Bohrungen ausgebildet mit einem Durchmesser von 0,7 mm.

Das der kopfseitigen Plattform 23 zugewandte Ende des Einsatzes 20 ragt in den Plattformdurchbruch 39 hinein. An der Stirnseite des Einsatzes 20 ist dieser mit einem Boden 35 in Form eines Bleches verschlossen.

Der Einsatz 20 ist um die Länge V in die Ausnehmung 24 hinverlängert; der Boden 35 des Einsatzes 20 ist in den Plattformdurchbruch 39 hinverlagert.

5 Im Bodenbereich 30 des Einsatzes 20 befindet sich für ein Kühlmedium K eine Austrittsöffnung 31 in Form einer Bohrung. Sie ist, bezogen auf den Querschnitt der Prallkühlöffnung 29, um den Faktor 2 bis Faktor 5 größer und hat dabei einen Durchmesser im Bereich von 1 mm bis 4 mm. Alternativ könnten 10 auch mehrere Austrittsöffnungen 31 vorgesehen sein, die gemeinsam einen dazu äquivalenten Querschnitt aufweisen.

Zwischen dem Einsatz 20 und den den Hohlraum 21 umgebenden Wänden 33, 34 sind spaltförmige Abströmquerschnitte S2, S3 15 belassen. Gleichfalls ist ein Abströmquerschnitt S1 zwischen dem Boden 35 und dem Abdeckblech 32 vorgesehen.

Während des Betriebes der Gasturbine 1 strömt das Arbeitsmedium 11 von der Anströmkante 25 um die Außenwand 40 des Profilkörpers 22 herum zur Abströmkante 26. Dabei ist die Anströmkante 25 thermischen Belastungen besonders ausgesetzt.

Der Leitschaufel 12 wird durch das fußseitige Ende als Kühlmedium K Kühlluft zugeführt und in den Innenraum des Einsatzes 20 weitergeleitet. Von hier ausströmt die Kühlluft mit 25 einer höheren Geschwindigkeit durch die Prallkühlöffnungen 29 des Einsatzes 20 hindurch und prallt an die Innenseite 28 der Außenwand 40. Dabei werden die zwischen Anströmkante 25 und Abströmkante 26 verlaufenden Außenwände 40 im Bereich des 30 Einsatzes 20 prallgekühlt. Anschließend strömt die Kühlluft annähernd parallel zur Strömungsrichtung des Arbeitsmediums 11 in Richtung der Abströmkante 26. Durch die Turbulatoren 27 wird das Kühlmedium K verwirbelt, was die konvektive Kühlwirkung des Kühlmediums K verstärkt. Danach tritt das Kühlmedium 35 K durch den Schlitz 41 aus.

Aufgrund der größeren Austrittsöffnung 31 herrscht im Bodenbereich 30 ein geringerer Druckgradient als im Profilkörperbereich 37 des Einsatzes 20. Dies bedingt eine im Bodenbereich 30 geringere Strömungsgeschwindigkeit der Kühlluft als im Profilkörperbereich 37. In den Randbereichen 38 der Verlängerung des Einsatzes 20 kommt es zu stehenden Wirbeln oder zu sogenannten Totwassergebieten; in diesen ist die Strömungsgeschwindigkeit fast Null. Durch die Verlagerung der Bereiche mit geringeren Strömungsgeschwindigkeiten verlagern sich auch die Partikelbahnen, so dass die in der Kühlluft enthaltenen Partikel und klebrigen Verbindungen sich nun bevorzugt im Bodenbereich 30 des Einsatzes 20 ablagern.

Die Menge der durch die Austrittsöffnung 31 relativ langsam hindurchströmenden Kühlluft wird durch den stromab unmittelbar hinter dem Boden 35 herrschenden Kühlluftdruck als Gegendruck bestimmt. Deshalb ist der Plattformdurchbruch 39 zur druckmäßigen Trennung der Kühlluft-Strömungsgebiete durch den Abschlussdeckel 32 verschlossen. Die Kühlluft kann durch die Abströmquerschnitte S1, S2 und S3 hindurchströmen und abschließend durch die Kühlluftöffnungen 27 in den Heißgaskanal 18 entweichen.

Im Bodenbereich 30 des Profils 23 befindet sich die Ausnung 24 in einem relativ geschützten Bereich, bezogen auf das heiße Arbeitsmedium 11. Somit ist dieser Bereich niedrigeren Temperaturen ausgesetzt als der Profilkörper 22, so dass die durch die niedrigere Strömungsgeschwindigkeit der Kühlluft auch geringere Kühlwirkung dort weiterhin ausreichend ist. Im Übergangsbereich 36 von der Anströmkante 25 zu der Plattform 23 hin herrschen weiterhin im wesentlichen höhere Strömungsgeschwindigkeiten für die Kühlluft vor als im Profilkörperbereich 37 der Leitschaufel 12. Somit ist im Übergangsbereich 36 ebenfalls eine hinreichende Kühlung gewährleistet.

Durch das gezielte Verlagern der Totwassergebiete und der Strömungsgebiete mit geringeren Strömungsgeschwindigkeiten in

den Bodenbereich 30 wird dort eine bevorzugte Ablagerung der Partikel erzielt. Die anderen Gebiete, insbesondere die Prallkühlöffnungen 29 des Einsatzes 20, werden vor Verschmutzungen, Verstopfung und Verschluss bewahrt.

## Patentansprüche

1. Leitschaufel (12) für eine Turbine (1), insbesondere für eine Gasturbine (1) zur Erzeugung von elektrischer Energie,

5 mit einem hohlen Profilkörper (22), der sich radial zum Rotor (3) erstreckt

und an seinen beiden Enden jeweils eine quer verlaufende Plattform (23) aufweist,

10 wobei der Profilkörper (22) von einem heißen Arbeitsmedium (11) umströmt wird,

mit einem im Profilkörper (22) angeordneten hohlen Einsatz (20), der

sich zwischen den beiden Plattformen (23) erstreckt,

von der Innenseite (28) des Profilkörpers (22) beabstandet

15 angeordnet ist und

einen Boden (35) aufweist, welcher einer der beiden Plattformen (23) zugewandt ist,

wobei ein Kühlmedium (K) durch die andere Plattform (23) in den Hohlraum (21) des Einsatzes (20) radial einströmt und

20 durch am Einsatz (20) vorgesehene zur Innenseite (28) ausgerichtete Prallkühlöffnungen (29) zumindest teilweise ausströmt, und

mit einer Ausnehmung (24), die in der dem Boden (35) unmittelbar gegenüberliegenden Plattform (23) vorgesehenen ist,

25 dadurch gekennzeichnet,

dass der Einsatz (20) sich in die Ausnehmung (24) hinein erstreckt, so dass zur Bildung einer Partikelfalle im Bodenbereich (30) des Einsatzes (20) Bereiche mit geringerer vorbestimmter Strömungsgeschwindigkeit vorhanden sind.

30

2. Leitschaufel (12) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Boden (35) zur Herstellung eines vorgegebenen Druckgradienten im Bodenbereich (30) zumindest eine Austrittsöffnung (31) für das Kühlmedium (K) aufweist.

35

3. Leitschaufel (12) nach Anspruch 1 oder 2  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass der Einsatz (20) im Bodenbereich (30) zur Ausnehmung  
5 (24) hin beabstandet ist, so dass entsprechende Abströmquer-  
schnitte (S1, S2, S3) für das Kühlmedium (K) vorhanden sind.
  
4. Leitschaufel (12) nach Anspruch 1, 2 oder 3  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
10 dass die Ausnehmung (24) als Plattformdurchbruch (39) ausge-  
bildet ist, der von außen mittels eines Abschlussdeckels (32)  
verschließbar ist.
  
5. Leitschaufel (12) nach Anspruch 4  
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass der Abschlussdeckels (32) mit der Plattform (23) von  
außen verschweißt ist.
  
6. Leitschaufel (12) nach einem der Ansprüche 2 bis 5,  
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Austrittsöffnung (31) eine Bohrung ist.
  
7. Leitschaufel (12) nach Anspruch 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
25 dass die Austrittsöffnung (31) einen größeren Bohrungsdurch-  
messer aufweist als die Prallkühlöffnungen (29).
  
8. Leitschaufel (12) nach Anspruch 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
30 dass der Bohrungsdurchmesser der Austrittsöffnung (31)  
zwischen 1 mm und 3 mm liegt.
  
9. Turbine (8) mit einer Leitschaufel (12) nach einem der  
vorhergehenden Ansprüche.

## Zusammenfassung

## Leitschaufel für eine Turbine und Turbine

5

Die Erfindung betrifft eine Leitschaufel (12) für eine Gasturbine (1) mit einem hohlen Profilkörper (22), der sich radial zum Rotor (3) erstreckt und an seinen beiden Enden jeweils eine Plattform (23) aufweist, mit einem im Profilkörper (22) angeordneten hohlen Einsatz (20), der von der Innenseite (28) des Profilkörpers (22) beabstandet angeordnet ist und einen Boden (35) aufweist, welcher einer der beiden Plattformen (23) zugewandt ist, wobei ein Kühlmedium (K) in den Hohlraum (21) des Einsatzes (20) einströmt und durch am Einsatz (20) vorgesehene Prallkühlöffnungen (29) ausströmt und mit einer Ausnehmung (24), die in der dem Boden (35) unmittelbar gegenüberliegenden Plattform (23) vorgesehenen ist. Um eine Leitschaufel (12) anzugeben, bei der mechanische Schäden beim Turbinenbetrieb vermieden werden, wird vorgeschlagen, dass der Einsatz (20) sich in die Ausnehmung (24) hinein erstreckt, so dass im Bodenbereich (30) des Einsatzes (20) Bereiche mit geringerer vorbestimmter Strömungsgeschwindigkeit vorhanden sind.

25

FIG 2